



Capítulo 2

Meristemo

MERISTEMO

2. Meristemo

El meristemo es el tejido vegetal que presenta la primera parte del desarrollo de la planta, constituido por un cúmulo de células indiferenciadas en constante y rápida división. Esto no solo permite aumentar el número de células, sino perpetuar al individuo, pues un grupo de células indiferenciadas continúan en división.

Las angiospermas se encuentran constituidas por estructuras determinadas (hojas, flores y frutos) e indeterminadas (tallo y raíz). Las estructuras indeterminadas se desarrollan directamente del meristemo apical del tallo (MAT) y meristemo apical de la raíz (MAR), por lo que crece indefinidamente (figura 19).

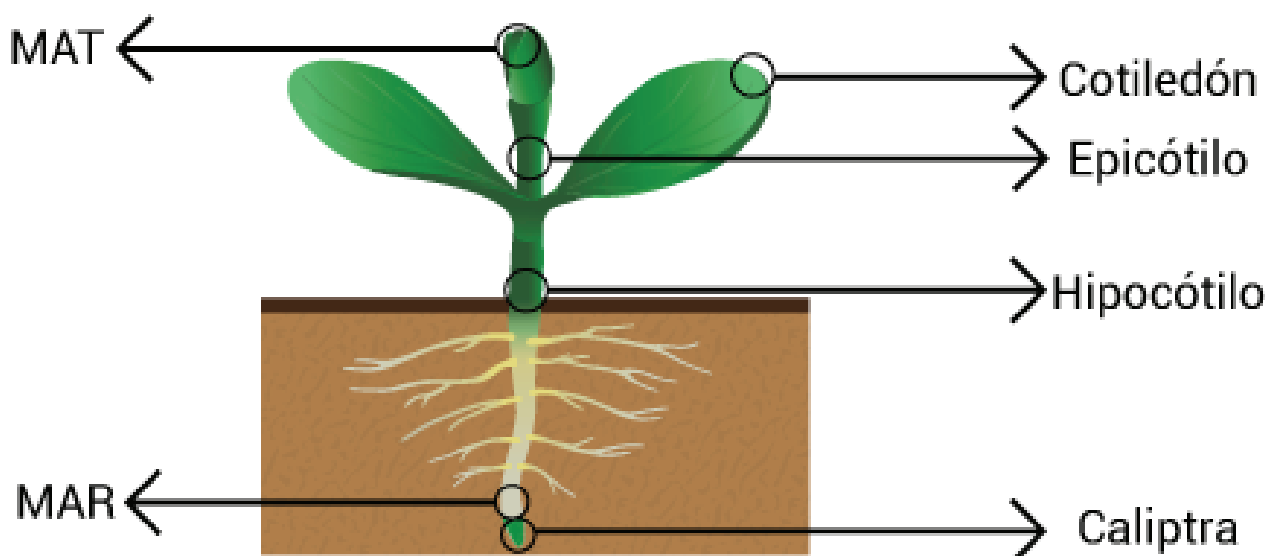


Figura 19. Estructuras indeterminadas: MAT y MAR



Sumado a esto, las células meristemáticas se consideran las más totipotentes. La totipotencia es la capacidad que tienen algunas células o tejidos de regenerar un individuo completo e idéntico a su progenitor, a través de procesos mitóticos. Por tal motivo, se le denomina clonación, ya que no existen fenómenos de recombinación génica; sin embargo, pueden ocurrir variaciones somaclonales asociadas a mutaciones.

2.1. Células meristemáticas

Generalmente, las células meristemáticas poseen una capa delgada de pared celular primaria y forma irregular con tendencia isodiamétrica, excepto las células del cambium vascular que son fusiformes.

A nivel intracelular, contiene proplastidios, a diferencia del cambium suberoso, donde hay cloroplastos. Además, el retículo endoplasmático es de menor tamaño y con abundantes ribosomas libres; el núcleo ocupa la mayor parte del volumen celular, el complejo de Golgi está más desarrollado y posee pequeñas y abundantes vacuolas, y un protoplasma desprovisto de inclusiones (**figura 20**).

2.2. División celular meristemática

En el proceso de división celular del meristemo, la citocinesis permite separar las células hijas en el punto de crecimiento o nicho de células troncales. Durante este proceso se da la formación de una placa celular o tabique separador. Esto condiciona la forma de los meristemos y, consecutivamente, los tejidos.





La tabicación perpendicular al eje del meristemo y órgano donde se encuentra va a conformar meristemos en fila o hileras paralelas mediante tabicaciones al eje longitudinal. Esto permite generar cilindros como la raíz y la médula del córtex del tallo.

Cuando la tabicación corresponde a dos planos perpendiculares entre sí, forman un meristemo en placa o laminar, conocido como láminas celulares, ejemplo, la hoja

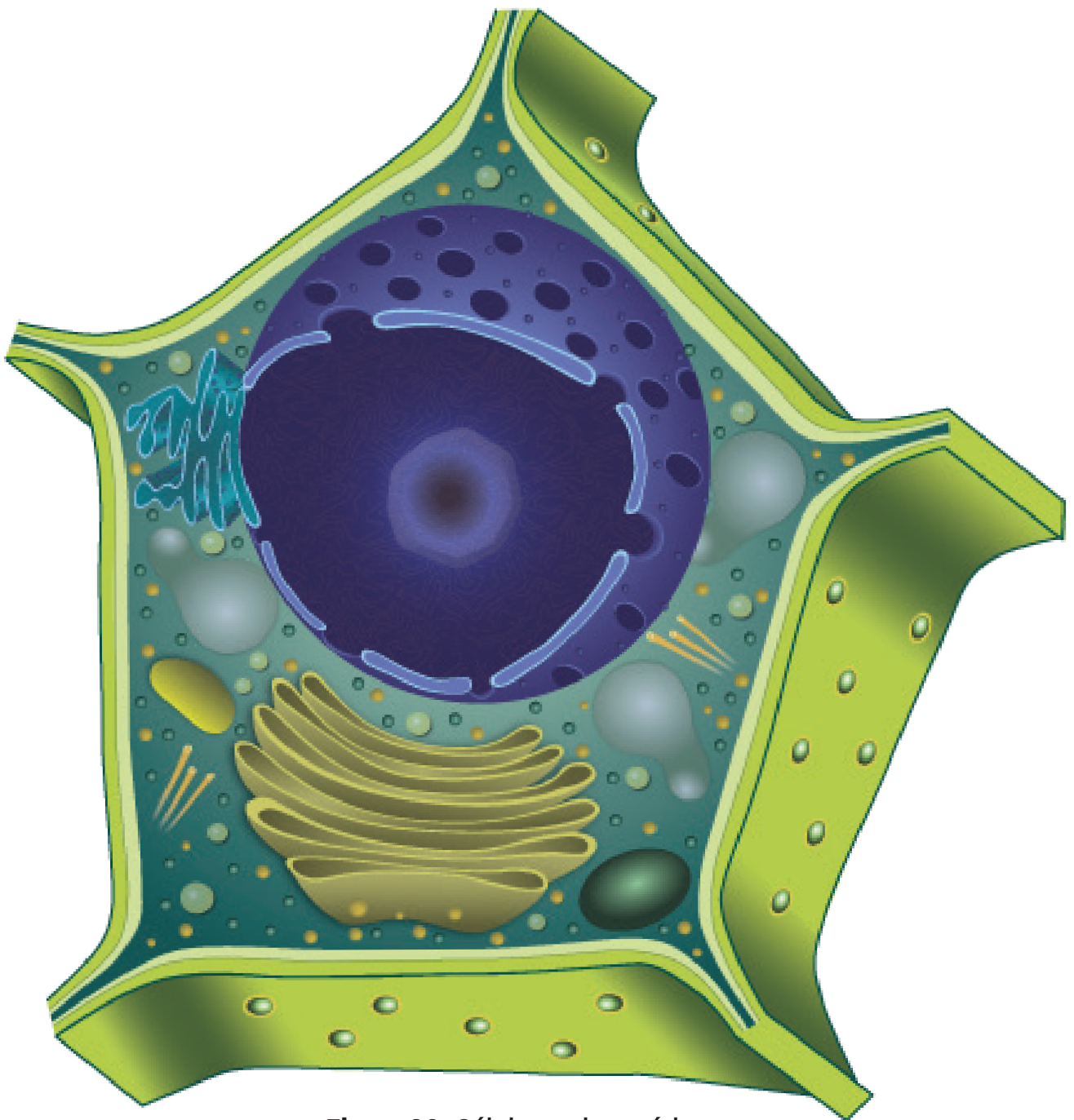


Figura 20. Célula meristemática



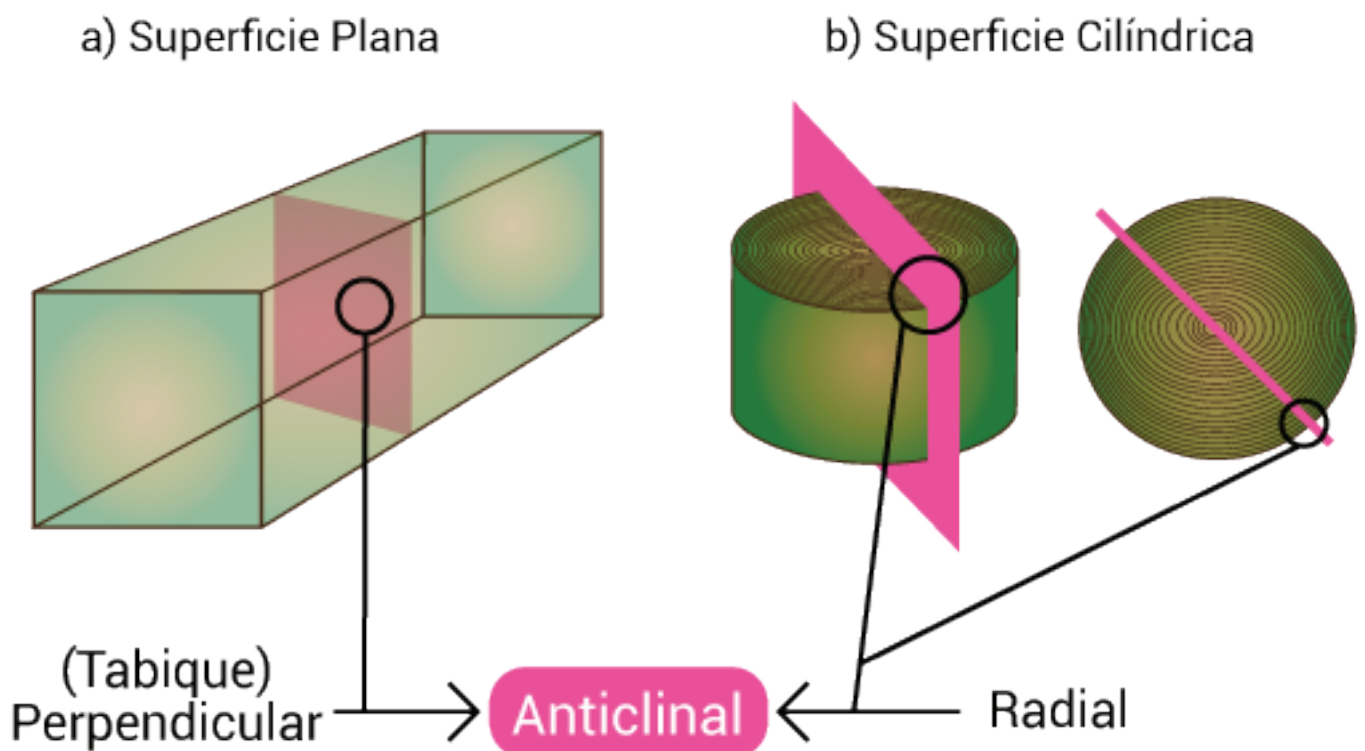


en las plantas. Los meristemos en fila y laminar son las formas básicas del cuerpo de la planta.

Al presentar tres planos de tabicación que entre sí son perpendiculares, el crecimiento es en masa y de forma esférica, e.g., órganos reproductores de la planta. Aunque en ocasiones el meristemo crece más en una dirección que en otra, típico de los callos (tumores) en plantas con otro tipo de formas.

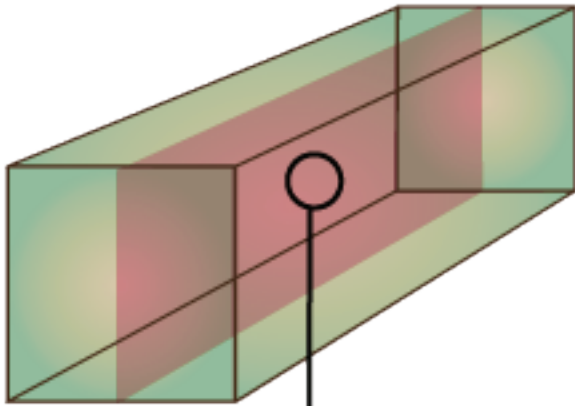
Al relacionar la posición del tabique respecto a la superficie vegetal, se observan dos tipos de tabicación: la tabicación anticlinal y la tabicación periclinal. La tabicación anticlinal se forma perpendicular a la superficie; y la tabicación periclinal, paralelo a la superficie.

En las porciones cilíndricas de las plantas, también se utiliza el término radial para referirse a anticlinal y tangencial o transversal a periclinal (**figura 21**).





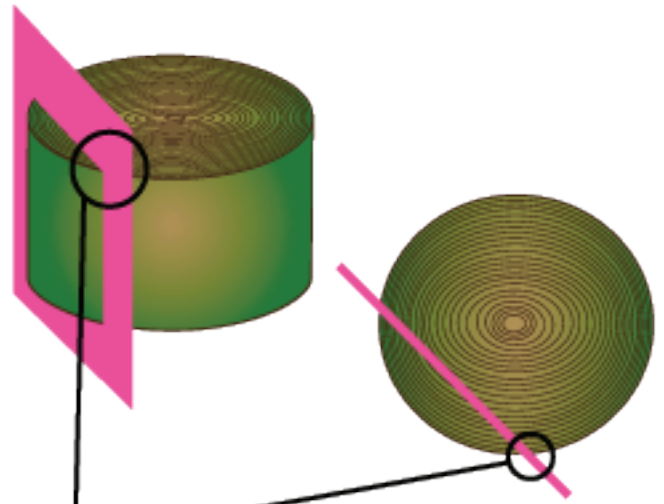
a) Superficie plana



(lobrique)
Paralelo

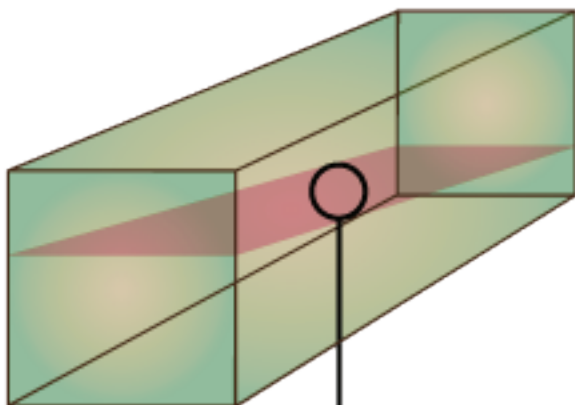
Periclinal

b) Superficie cilíndrica



Tangencial

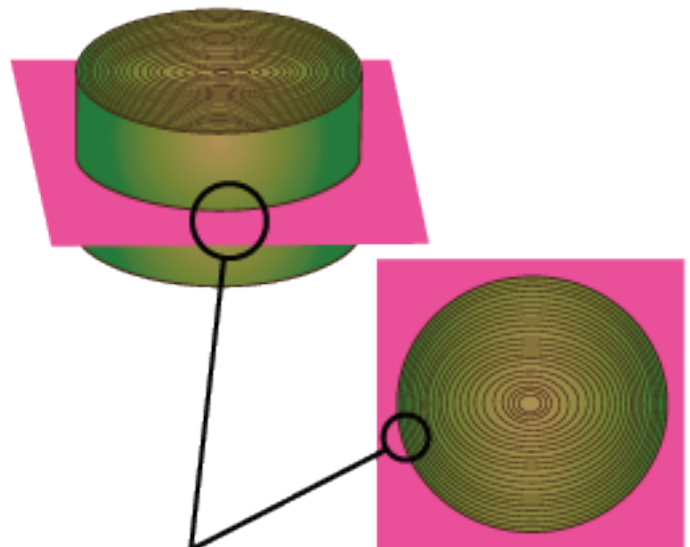
a) Superficie Plana



(Tabique)
Perpendicular

Anticlinal

b) Superficie Cilíndrica



Transversal

Figura 21. Planos de división celular meristemática: superficial y radial





2.3. Clasificación de meristemos

En las plantas, principalmente las angiospermas, se utilizan dos términos para referirse a los meristemos:

1. Meristemos apicales.
2. Meristemos axiales.

Estos tipos de meristemos constituyen el cuerpo primario de la planta (**figura 22**). Los meristemos apicales se dividen en meristemo apical del tallo y meristemo apical de la raíz, denominados de crecimiento primario.

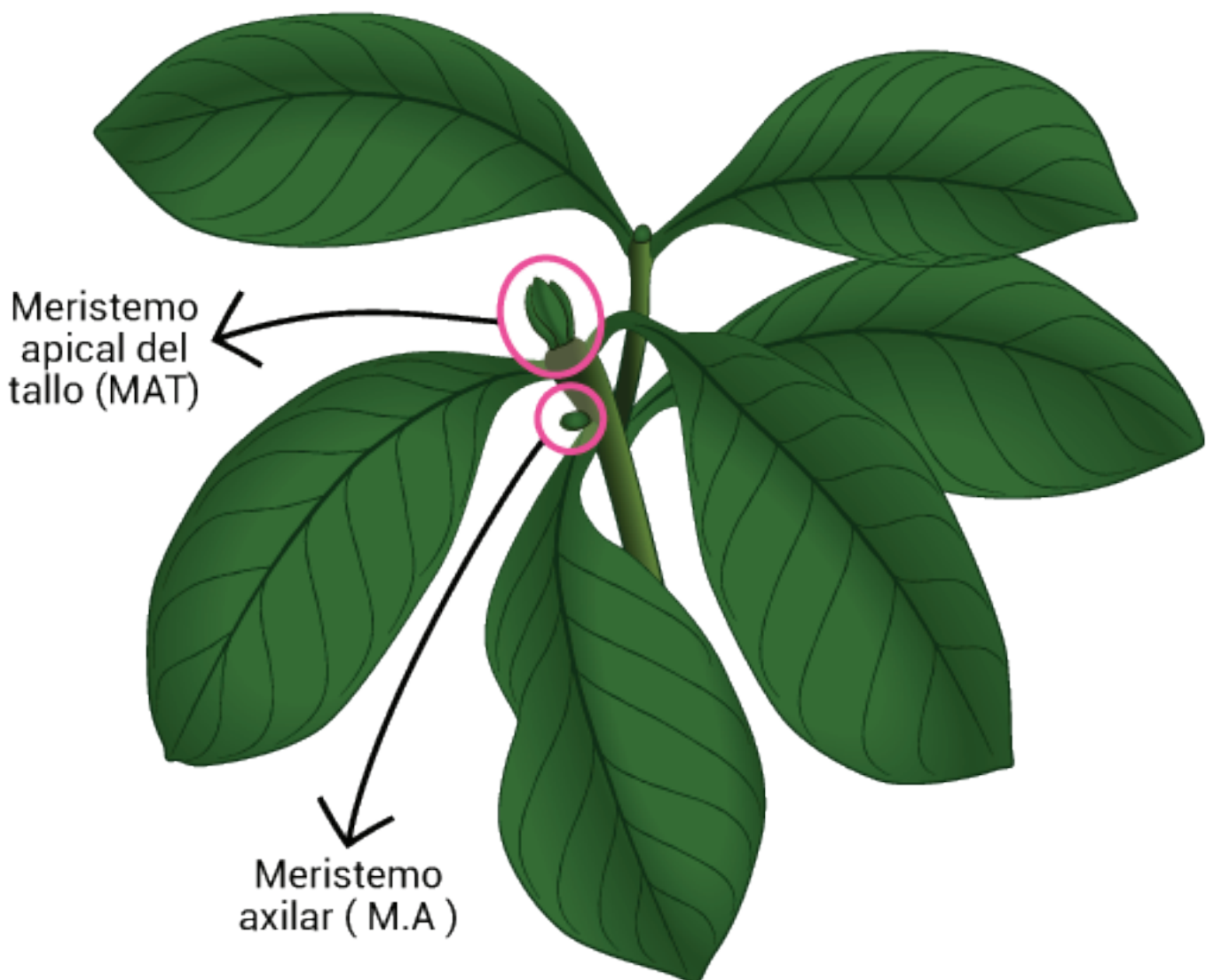


Figura 22. Meristemo apical del tallo y meristemos axilar





Desde la embriogénesis, formación del cigoto y el embrión, se da inicio a la conformación de la célula apical que, sometida a divisiones constantes, lleva a la estructuración de los tejidos meristemáticos como MAT y MAR (**figura 19**).

2.4. Crecimiento primario: MAT y MAR

Los meristemos apicales que permiten el crecimiento primario forman el cuerpo primario (raíces, tallos y hojas). El cuerpo primario está constituido por sistema de tejidos (dérmico, vascular y fundamental) que desde el embrión implican el proceso de desarrollo de la planta.

El sistema dérmico involucra la epidermis que cubre y protege a la planta, y, en especies con engrosamiento secundario, la peridermis cumple esta función.

El sistema vascular comprende los tejidos conductores, xilema y floema, de origen primario o secundario. El sistema fundamental contiene el parénquima, colénquima y esclerénquima.

2.4.1. Crecimiento modular del cuerpo primario

Conforme al crecimiento de los meristemos apicales, el cuerpo primario se genera de forma modular (metámeros). Así, durante el desarrollo se producen más metámeros.

El módulo o metámero originado del MAT, conocido como fitómero, comprende un órgano lateral (la hoja), un nudo, al que se une la hoja, y un meristemo axilar, localizado en la axila de la hoja (**figura 23**)

La filotaxia determina la posición de la hoja en el fitómero y sigue un modelo o patrón en espiral o verticilado. El modelo filotáxico en espiral es regular de acuerdo al ángulo de las hojas.



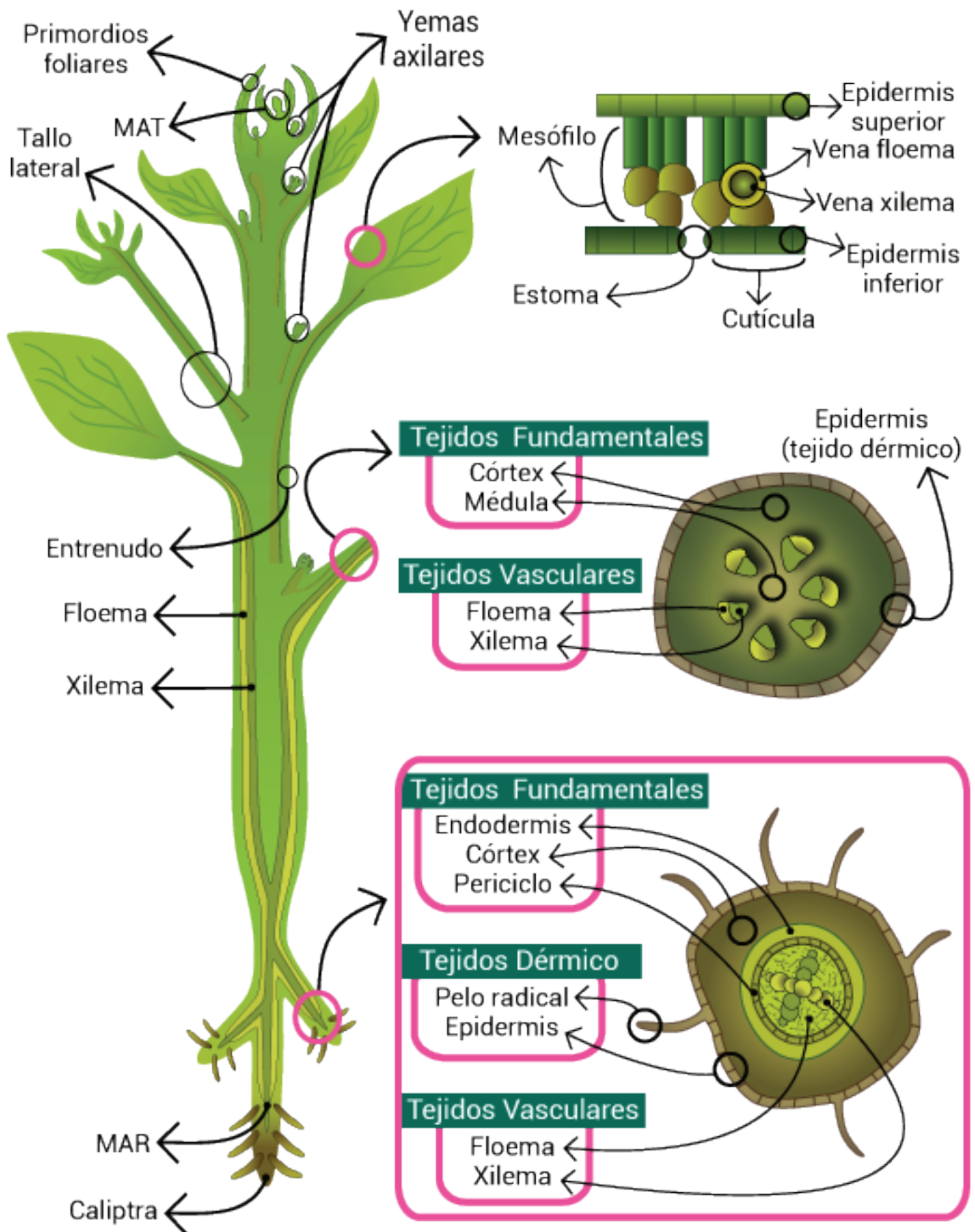


Figura 23. Crecimiento primario de una eudicotiledónea



No obstante, en un verticilo se puede presentar en el fitómero de una hoja (modelo dístico), dos hojas (modelo decusado) o tres o más hojas (verticilada típica).

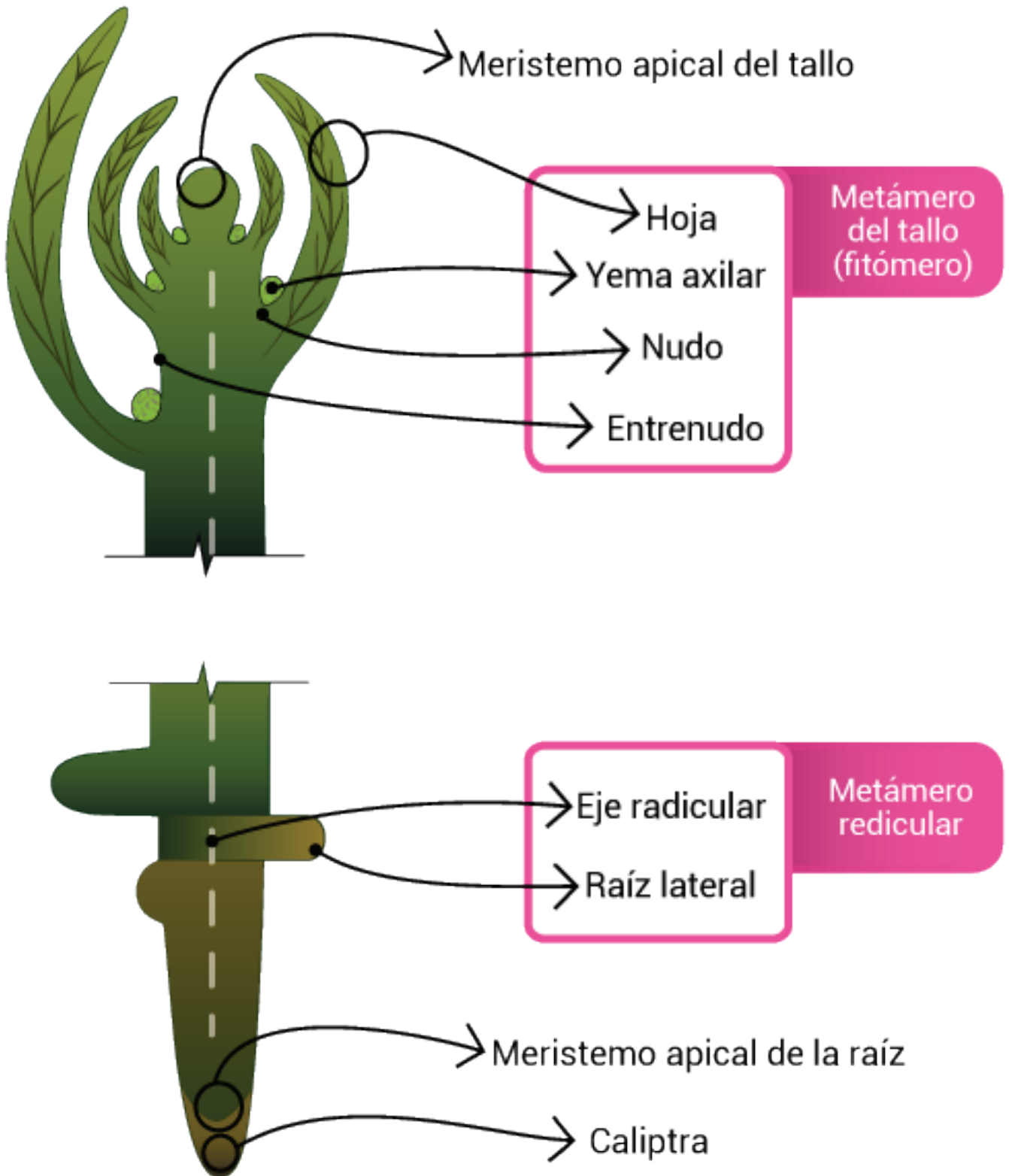


Figura 24. Formación del cuerpo primario a través de metámeros





Además, la ramificación del tallo principal depende del crecimiento del ápice caulinar. Cuando el crecimiento del ápice es mayor que el de las yemas axilares respectivas, se produce una ramificación monopódica. Pero si ocurre al contrario, donde las yemas axilares dominan sobre la porción apical, es una ramificación simpódica.

En el metámero radicular, el MAR genera las células que constituyen la caliptra (**figura 24**). La caliptra es una capa externa que protege al MAR de la fricción y daño físico durante el crecimiento radicular. Adicionalmente, genera un mucilago que mejora las condiciones para su mantenimiento y conservación. El MAR no genera órganos laterales, a diferencia del MAT. Las raíces laterales se forman a partir de meristemos adventicios (primordios radiculares) que se diferencian en el periciclo.

2.4.2. Organización estructural y funcional de meristemos apicales

El meristemo apical es una estructura de ca. 100 μm de diámetro, en forma de domo, que agrupa entre 800 y 1.200 células pequeñas, con paredes delgadas y citoplasma normalmente denso. Los MAT y MAR se activan postembriogénesis durante la germinación. El MAT presenta una apariencia estratificada por tres capas: L1, L2 y L3.

La primera capa, L1, de una célula de grosor y la más externa, se divide en el plano anticlinal, perpendicular a la superficie. La segunda capa, L2, se divide en su mayoría en el plano anticlinal, excepto donde se originan los órganos, pues se realiza en el plano periclinal, paralelo a la superficie. Las células de la capa más interna, L3, presentan división al azar. La L1 y L2 forman la túnica y, la L3, el corpus del meristemo (**figura 25**).



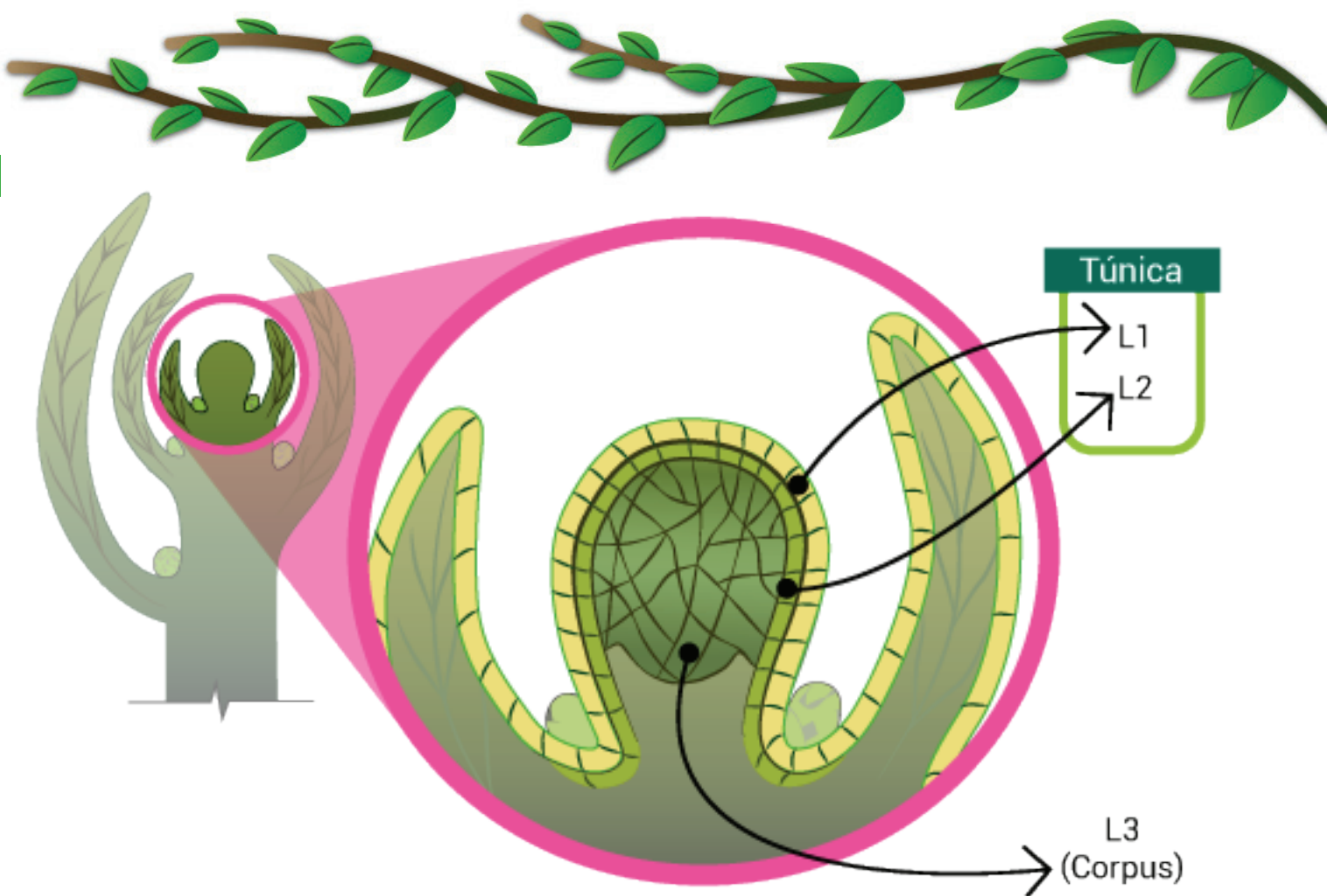


Figura 25. Meristemo apical del tallo: túnica (L1, L2) y corpus (L3)

Sumado a lo anterior, el meristemo apical se puede dividir en 3 zonas: zona central (ZC), zona periférica (ZP) y zona medular (ZM). La ZC posee las células más grandes, con núcleos prominentes, vacuoladas, y su división celular es en menor proporción. Esta zona es el nicho de las células troncales del meristemo donde actúa como organizador celular para la ZP y la ZM. La función de la ZP es la formación de órganos laterales, como primordios foliares, yemas axilares y yemas florales. La ZM origina las células de la parte central del tallo y los tejidos vasculares. Cabe mencionar que en la base de la ZC se encuentra un depósito de células conocido como el centro organizador, que mantiene su crecimiento.

Cuando una célula abandona la ZC, deja de recibir señales específicas del centro organizador para formar la ZP o la ZM y, consecuentemente, sigue una ruta específica que implica la diferenciación (**figura 26**).

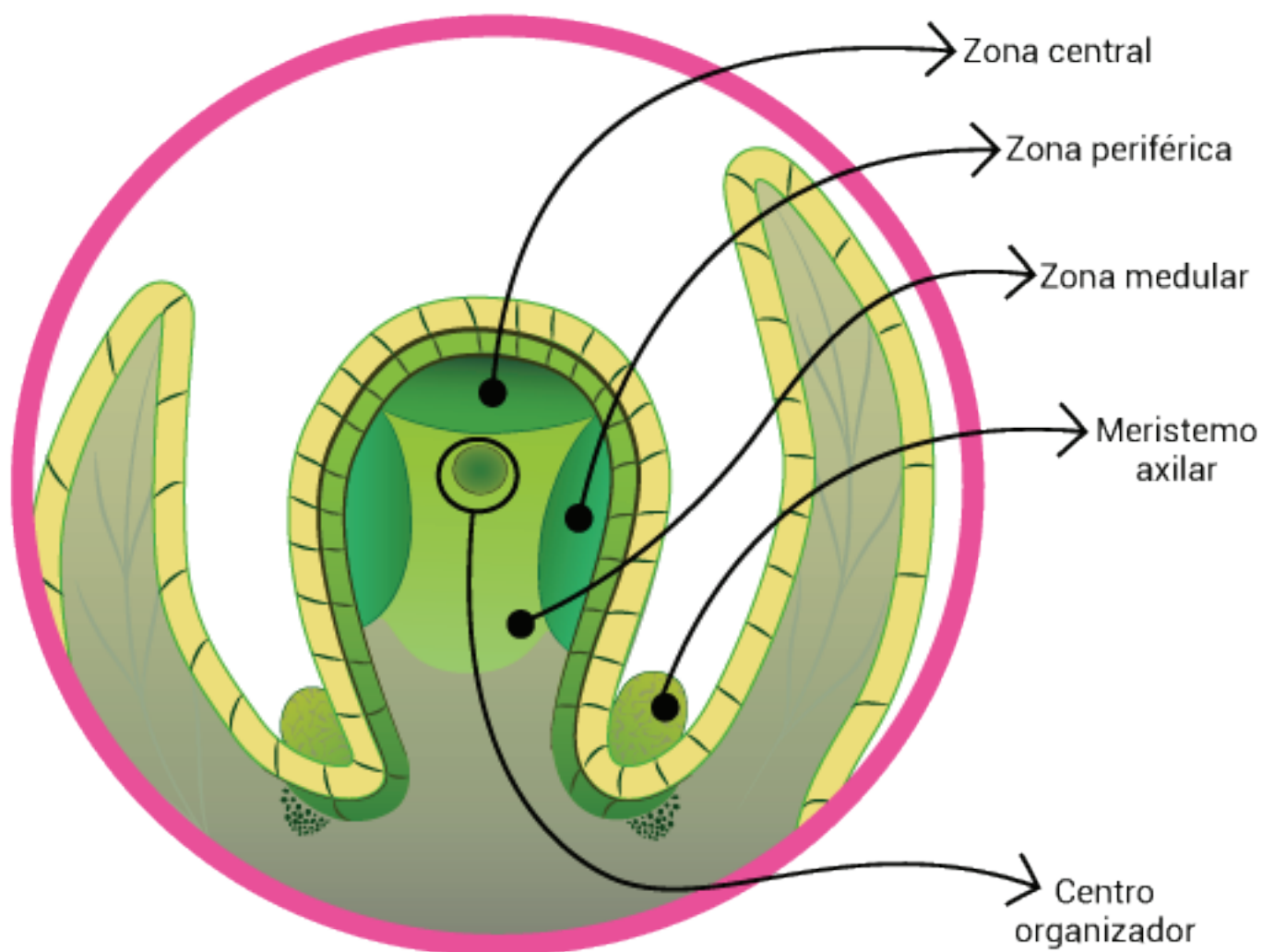


Figura 26. Componentes del ápice caulinar: zona central (ZC), zona periférica (ZP) y zona medular (ZM)

El MAR está cubierto por la caliptra, de modo que su posición no es terminal. Las células iniciales o nicho de células troncales están alrededor del centro quiescente (CQ), conformado por una o cuatro capas de células. El CQ regula la indiferenciación de las células troncales. Las células que se separan hacia el ápice forman la caliptra y, por encima, hacia la porción basal, constituyen la típica raíz primaria que va a tener la epidermis, córtex y cilindro central (**figura 27**).





El MAR no forma órganos laterales, ya que las raíces laterales se diferencian en el periciclo. En el periciclo ocurren divisiones anticlinales asimétricas, que siguen un patrón de formación de los primordios de las raíces laterales, igual a la estructura del MAR.

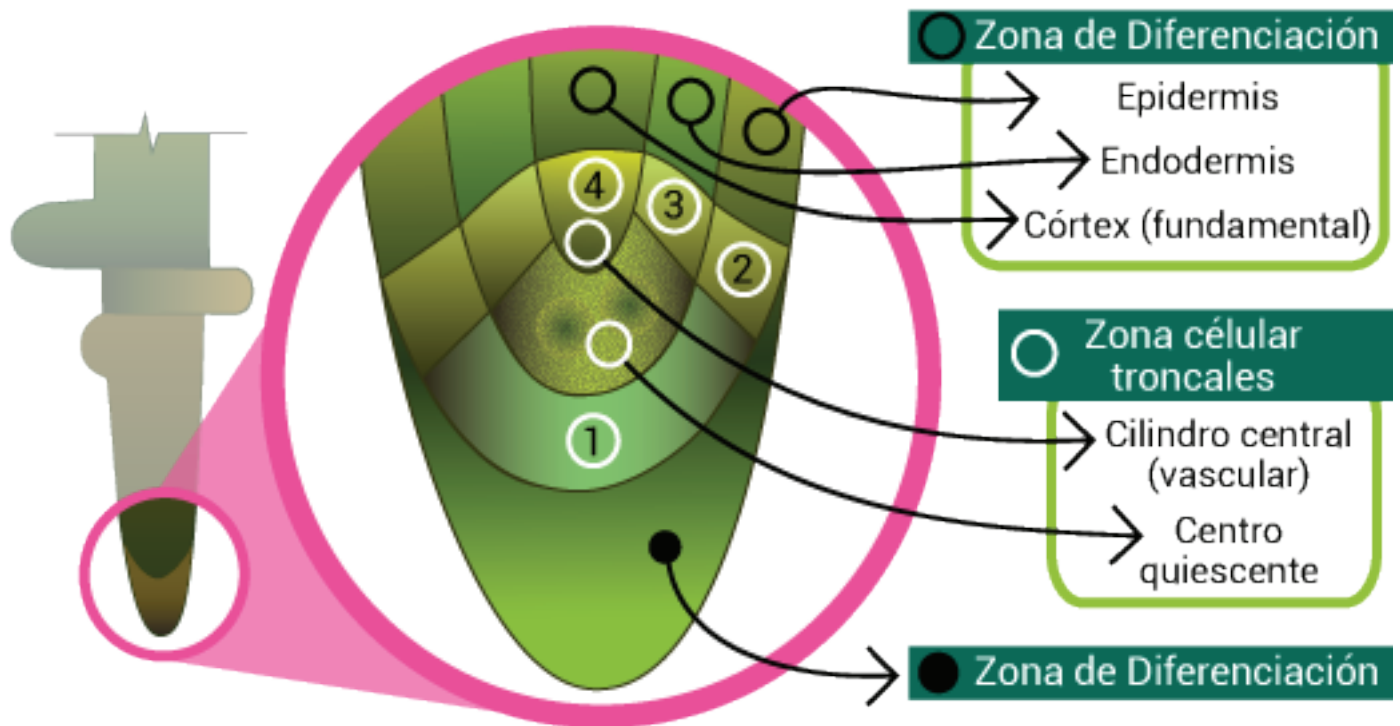
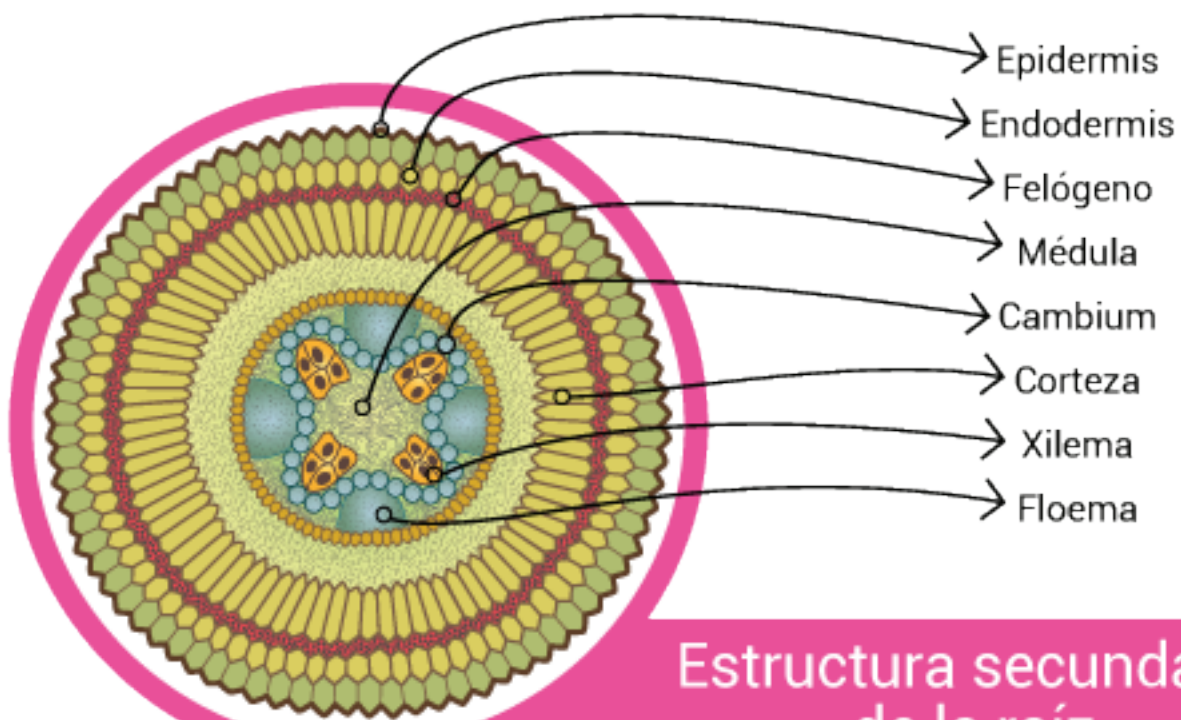


Figura 27. Meristemo apical de la raíz (MAR). CQ: Centro quiescente

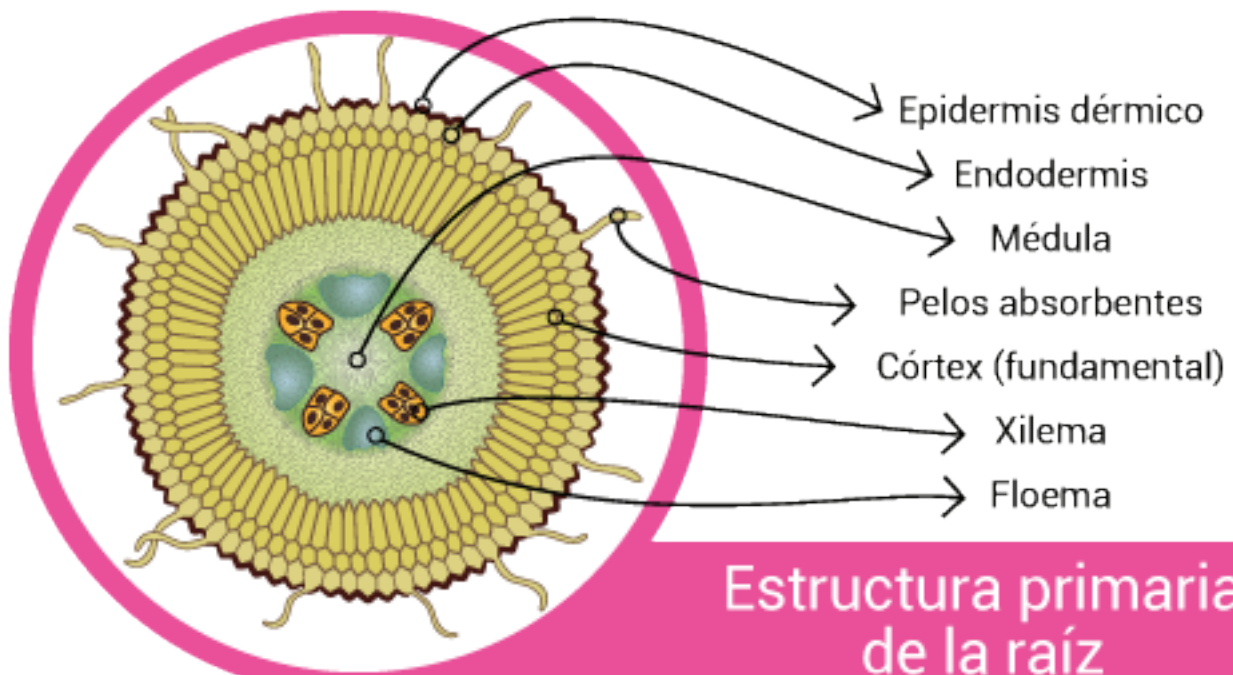
2.5. Cuerpo secundario: cambium vascular

El crecimiento secundario proporciona el grosor a la planta. Esta actividad se da por dos meristemos: el cambium vascular, que origina el floema y xilema secundarios, y el cambium del felógeno, que forma el tejido protector como la peridermis, que en su porción más externa se denomina súber y que reemplaza la epidermis (**figura 28 A,B**). El cambium es denominado meristemo secundario o lateral o, en algunos casos, meristemo intercalar, puesto que se sitúa entre las células, que derivan de su actividad mitótica. En cuanto a la división celular ocurre de manera tangencial (periclinal) y con un crecimiento radial.





Estructura secundaria de la raíz



Estructura primaria de la raíz

Figura 28. A) Cambium vascular - Tallo con crecimiento Secundario

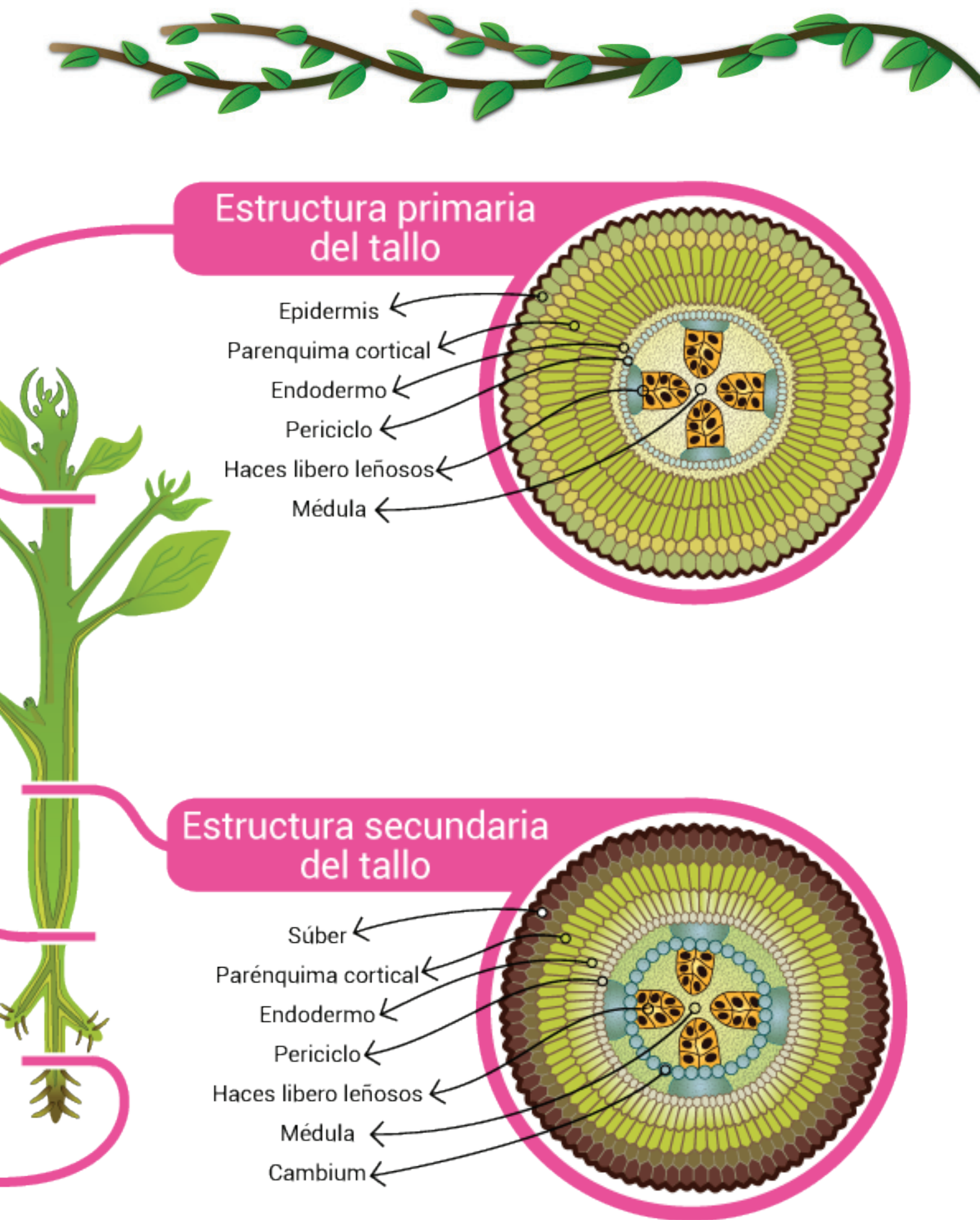


Figura 28. B) Cambium vascular - Raíz con crecimiento Secundario